

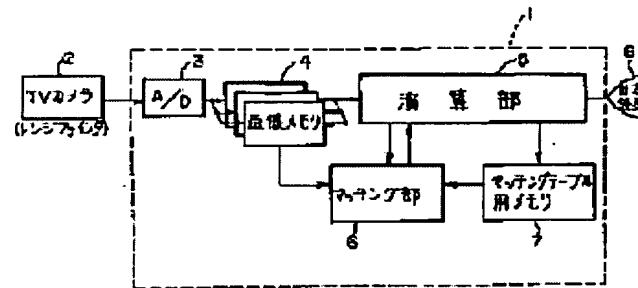
DEVICE FOR RECOGNIZING POSITION AND ATTITUDE OF BODY

Patent number: JP5165968
Publication date: 1993-07-02
Inventor: TERADA KEIJI; others: 02
Applicant: KOMATSU LTD
Classification:
 - international: G06F15/70
 - european:
Application number: JP19910333739 19911218
Priority number(s):

Abstract of JP5165968

PURPOSE: To improve the operation efficiency by recognizing the attitude that recognized patterns which are counted by a counting means up to a specific value indicate as the attitude of a recognition object body.

CONSTITUTION: Various recognized patterns are put one over another and a storage means 4 is stored with the kinds of the recognized patterns corresponding to the respective positions of the superposed recognized patterns. Further, the recognized patterns which are superposed are matched with the image, the storage contents of the storage means 4 are read out as to respective positions indicating the recognition object body in the image among the respective positions of the recognized patterns, and the counting means counts the number of the recognized patterns is counted by the kinds. Then the attitude that the recognized patterns counted by the counting means up to the specific value indicate is recognized as the attitude of the recognition object body. Consequently, the position and attitude of a body which rotates in a two- or three-dimensional space and changes in attitude can be recognized at a high speed without any complicate arithmetic processing to improve the operation efficiency.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-165968

(43)公開日 平成5年(1993)7月2日

(51)Int.Cl.⁵
G 0 6 F 15/70

識別記号 庁内整理番号
3 5 0 H 9071-5L
B 9071-5L
4 5 5 A 9071-5L

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数8(全11頁)

(21)出願番号 特願平3-333739

(22)出願日 平成3年(1991)12月18日

(71)出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72)発明者 寺田 啓治

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

(72)発明者 守屋 正人

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

(72)発明者 出浦 淑枝

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

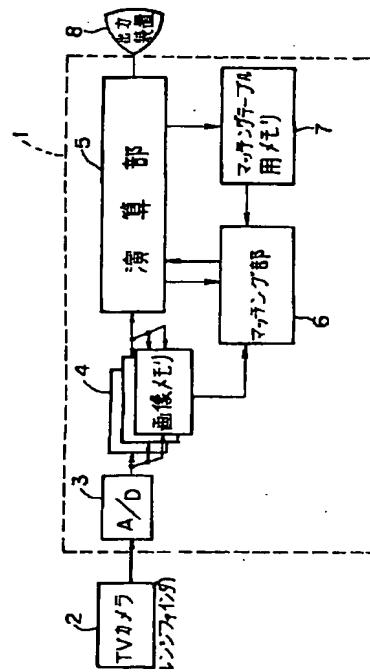
(74)代理人 弁理士 木村 高久

(54)【発明の名称】 物体の位置・姿勢認識装置

(57)【要約】

【目的】物体の位置および姿勢認識の処理を高速化させて作業効率を向上させる。

【構成】a) 認識対象物体が取り得る各種姿勢に対応する各種認識パターンが用意されて、これら各種認識パターンが重ね合わせられ、該重ね合わせた各種認識パターンの各位置ごとに對応する認識パターンの種類が記憶される。b) そして、重ね合わせた各種認識パターンと認識対象物体を撮像して得た画像との突き合わせが行われ、重ね合わせた各種認識パターンの各位置のうち画像上の認識対象物体を示す各位置について記憶されている認識パターンの数がパターンの種類ごとにカウントされる。c) そして、カウントされた数が所定値となった認識パターンが示す姿勢を認識対象物体の姿勢であると認識する。という1回のサイクルのみで、画像と多数の認識パターンとのマッチングが一度に終了する。しかも、並列処理、極座標変換等の複雑な演算処理も必要なく行われるので、多数の認識パターンを同数のサイクルだけ順次マッチングしていく従来のものに対して高速化が図られる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 認識対象物体の所定の姿勢を認識するための認識パターンを用意し、この認識パターンと前記認識対象物体の所定の姿勢を撮像して得た所定分解能の画像との突き合わせに基づいて前記認識対象物体の位置および姿勢を認識するようにした物体の位置・姿勢認識装置において、

前記認識対象物体が取り得る各種姿勢に対応する各種認識パターンを用意するとともに、これら各種認識パターンを重ね合わせ、該重ね合わせた各種認識パターンの各位置ごとに對応する認識パターンの種類を記憶する記憶手段と、

前記重ね合わせた各種認識パターンと前記画像との突き合わせを行い、前記重ね合わせた各種認識パターンの各位置のうち前記画像上の認識対象物体を示す各位置について前記記憶手段の記憶内容を読み出し、認識パターンの数を種類ごとにカウントするカウント手段と、前記カウント手段でカウントされた数が所定値となった認識パターンが示す姿勢を前記認識対象物体の姿勢であると認識するようにした物体の位置・姿勢認識装置。

【請求項 2】 前記認識対象物体は複数種類あり、これら複数種類に対応する複数種類の認識パターンを用意し、前記カウント手段で認識パターンの数を前記認識対象物体の種類ごとにカウントすることにより前記認識対象物体の種類を認識する請求項 1 記載の物体の位置・姿勢認識装置。

【請求項 3】 前記重ね合わせた各種認識パターンを前記画像内で移動させ、各移動位置ごとに前記カウント手段によるカウントを行い、前記所定値がカウントされた際の前記画像上の移動位置を前記認識対象物体の位置であると認識する請求項 1 記載の物体の位置・姿勢認識装置。

【請求項 4】 前記各種認識パターンは、前記認識対象物体上の所定位置に對応する位置が同一位置となるよう重ね合わされ、当該同一位置が前記画像上認識対象物体の前記所定位置と一致するよう突き合わせを行ない、前記画像上の認識対象物体の位置を認識する請求項 1 記載の物体の位置・姿勢認識装置。

【請求項 5】 その基準点が前記画像上の認識対象物体の輪郭線に沿って移動したとき当該認識対象物体の中心を包含する位置認識用のパターンを各種用意して、これら各種パターンの前記基準点を前記画像上の前記輪郭線に沿って移動させたときにすべてのパターンが各移動位置において包含した点を前記認識対象物体の中心位置であると認識する請求項 1 記載の物体の位置・姿勢認識装置。

【請求項 6】 前記認識対象物体を予め撮像して得られた当該物体の輪郭線を前記認識パターンとし、当該認識パターンと前記画像との突き合わせを前記輪郭線についてのみ行う請求項 1 記載の物体の位置・姿勢認識裝

2

置。

【請求項 7】 前記カウント手段は、前記重ね合わせた各種認識パターンの各位置のうち前記画像上の認識対象物体の輪郭線を示す位置に對応する認識パターンの数のみをカウントするものである請求項 1 記載の物体の位置・姿勢認識装置。

【請求項 8】 前記重ね合わせた認識パターンの各位置を、各認識パターンごとにその輪郭線部分およびその外部部分とに分類して、これら各部分のパターン数の分散値を各位置ごとに求め、前記カウント手段は前記分散値の小さな位置から順にカウントするものである請求項 1 記載の物体の位置・姿勢認識装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、2 次元あるいは 3 次元空間で姿勢変化する物体の位置、姿勢の認識装置に関し、特に画像検査機やロボットの視覚装置等において対象の位置、姿勢の認識に用いることができる装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来において、対象物体を撮像して得られた濃淡画像あるいは距離画像とあらかじめ用意してある対象物体認識用のパターンとを突き合わせて各画素ごとに濃淡の階調を比較（マッチング）して、階調が一致したことをもって対象物体の位置を認識する、いわゆるテンプレートマッチングと呼ばれる技術がある（特開平 2-90374 号公報等）。図 12 はかかるテンプレートマッチングの概念を示したものである。同図に示すように、画像 100 上の対象物体 101 と同姿勢の認識パターン C 2 を示すテンプレート 102 が作成され、このテンプレート 102 を計測画像 100 内で移動させてパターン C 2 が対象物体 101 と一致した位置を対象物体の位置として認識する。なお、この種の方式は、画像検査機等における定形部品の位置計測に利用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、対象物体 101 がたとえばそのある中心を回転中心として回転し姿勢変化する場合にあっては対象物体 101 が取り得る姿勢に応じた認識パターン C 1、C 2、C 3…を示す多数のテンプレート 102…を用意しなければならない。この場合、テンプレート 102…と計測画像 100 との比較を相関あるいは正規化相関等の技術を用いて順次行い、相関値の良好なテンプレート 102 のパターン（C 2）を認識結果とする。このように対象物体 101 の姿勢に応じた多種類のテンプレート 102…を用意し、それぞれのテンプレート 102 について逐次マッチングを行うことは非常に時間を要することになり、作業効率が損なわれることとなる。

【0004】このため処理を高速化するためにそれぞれのテンプレート 102 と計測画像 100 とのマッチング

50

を並列演算により行う方法や、対象物体101の回転中心で対象物体画像自体を極座標変換して1種類のパターンに姿勢を一致させマッチングを行う方法等が試みられているが、並列演算処理のために複数の計算機を必要することや、あらかじめ計測画像100上の対象物体101の回転中心が既知であることが必要であり、高速な極座標変換が必要であるなどの問題点があり、実際に採用するには至っていない。さらに、対象物体自体が多品種である場合には、対象物体の品種に応じてさらに多種の認識パターンを用意し、各種認識パターンごとに姿勢変化に応じた多数のパターンを用意しなければならないことからその処理は一層時間を要することとなる。

【0005】本発明は、こうした実状に鑑みてなされたものであり、2次元あるいは3次元空間で回転等して姿勢変化する物体の位置および姿勢を、CPUを複数使用する並列演算処理することなく、また極座標変換等の複雑な演算処理をすることなく、高速で認識することができこれによって作業効率を従来のものより向上させることができるものである。この目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】そこでこの発明では、認識対象物体の所定の姿勢を認識するための認識パターンを用意し、この認識パターンと前記認識対象物体の所定の姿勢を撮像して得た所定分解能の画像との突き合わせに基づいて前記認識対象物体の位置および姿勢を認識するようにした物体の位置・姿勢認識装置において、前記認識対象物体が取り得る各種姿勢に対応する各種認識パターンを用意するとともに、これら各種認識パターンを重ね合わせ、該重ね合わせた各種認識パターンの各位置ごとに對応する認識パターンの種類を記憶する記憶手段と、前記重ね合わせた各種認識パターンと前記画像との突き合わせを行い、前記重ね合わせた各種認識パターンの各位置のうち前記画像上の認識対象物体を示す各位置について前記記憶手段の記憶内容を読み出し、認識パターンの数を種類ごとにカウントするカウント手段と、前記カウント手段でカウントされた数が所定値となった認識パターンが示す姿勢を前記認識対象物体の姿勢であると認識している。

【0007】

【作用】すなわち、かかる構成によれば、

a) 認識対象物体が取り得る各種姿勢に対応する各種認識パターンが用意されて、これら各種認識パターンが重ね合わせられ、該重ね合わせた各種認識パターンの各位置ごとに對応する認識パターンの種類が記憶される。

【0008】b) そして、重ね合わせた各種認識パターンと認識対象物体を撮像して得た画像との突き合わせが行われ、重ね合わせた各種認識パターンの各位置のうち画像上の認識対象物体を示す各位置について記憶されている認識パターンの数がパターンの種類ごとにカウント

される。

【0009】c) そして、カウントされた数が所定値となった認識パターンが示す姿勢を認識対象物体の姿勢であると認識する。

【0010】という1回のサイクルのみで、画像と多数の認識パターンとのマッチングが一度に終了する。しかも、並列演算処理、極座標変換等の複雑な演算処理も必要なく行われるので、多数の認識パターンについてこれと同数のサイクルだけ順次マッチングしていく従来のものに対して高速化が図られる。

【0011】

【実施例】以下、図面を参照して本発明に係る物体の位置・姿勢認識装置の実施例について説明する。

【0012】1. 2次元平面で姿勢変化する対象を認識する実施例。

【0013】図1は実施例の装置の構成をブロック図にて示したものである。同図に示すようにTVカメラ2は、認識対象物体を撮像する、たとえばCCDカメラであり、同カメラ2の画信号は画像パターンマッチング装置1に加えられる。入力画信号はA/D変換器3で量子化され2値化画信号として出力される。画像メモリ4…はこの2値化画信号を画素単位でデータとして記憶するものであり、各メモリ4にはTVカメラ2で対象物体を撮像するごとの画像データが順次記憶される。なお、画像メモリ4…には1画素の濃淡がたとえば8ビット、256の階調レベルのデータとして表現されて、たとえば 512×512 画素のサイズで記憶されている。

【0014】演算部5では画像メモリ4…に記憶された画像データの切り出しを行い、後述するように回転、特徴点の抽出、マッチングテーブルの作成処理等が実行される。

【0015】マッチングテーブル用メモリ7には演算部5で作成された上記マッチングテーブルが記憶される。マッチング部6では画像メモリ4の記憶画像とマッチングテーブル用メモリ7の記憶内容とを突き合わせるマッチング処理を行う。ここでマッチングテーブルは、たとえば 64×64 画素のサイズであり後述するよう対象物体認識用の各種認識パターンが含まれる内容となっている。

40 【0016】a) 認識パターンの取得

さて、実施例では所定位置を回転中心として回転して2次元的に姿勢変化する対象物体の姿勢認識を行う場合を想定しており、このためには対象認識用の認識パターンを各種姿勢ごとに予め用意しておく必要がある。この各種認識パターンを取得するための方法としては以下に掲げるものがある。

【0017】・対象物体をTVカメラ2で各種姿勢ごとに（たとえば回転角1度ごとに）実際に撮像しておくことにより各種認識パターンを取得する方法。

50 【0018】・所定の姿勢（たとえば回転角度0°）のと

きの姿勢)となっている対象物体をTVカメラ2で撮像した後、得られた画像内の対象物体を演算部5の演算処理により回転させ、各回転姿勢ごとの各種認識パターンを取得する方法。

【0019】がある。たとえば前述したように対象物体101であれば各回転姿勢ごとに 64×64 画素のサイズのパターン画像102で示される各種認識パターンC1、C2、C3…が取得されることになる(図12参照)。

【0020】ここで、得られた画像からエッジ部分、つまり対象物体の輪郭線部分を示すデータのみを抽出して、これら抽出されたデータを認識パターンの内容とするようにしてもよい。

b) 各種認識パターンの重ね合わせとマッチングテーブルの作成

・同一形状の物体を認識対象とした場合。

【0021】つぎに上記取得された各種認識パターンに識別番号Nがたとえば回転角度 $0^\circ \sim 359^\circ$ の順に付与される。また、各認識パターンを示すパターン画像に基づき各画素を示す位置X(横)、Y(縦)における濃淡階調レベルZが調べられる。この結果、各画素X、Y、濃淡階調レベルZ、認識パターンの識別番号Nを4次元配列とするマッチングテーブルa、

TABLE-A [X] [Y] [Z] [N]

が作成され、これがマッチングテーブル用メモリ7に記憶される。

【0022】なお、[X]のサイズは64(画素)であり、[Y]のサイズも64(画素)となっている。また[Z]のサイズは8ビット、256(階調)であり、[N]のサイズはパターンの姿勢の種類である360(度)となっている。

【0023】図2は上記テーブルaの記憶内容を概念的に示したものであり、たとえば各種認識パターンC1、C2、C3…が 64×64 画素のパターン画像10内にそれらの回転中心Rが同一位置となった重ねられた状態を示している。このため、パターン画像10の所定画素を位置P(X、Y)として指定することによりその位置Pに対応するパターンC1、C2、C3…がわかるとともに、それらパターンC1、C2、C3…の階調レベルZもわかることとなる。当然ながら位置および階調レベル(X、Y、Z)を指定すれば対応する認識パターンがわかれることになり、位置Pにおいてエッジに対応する階調Zを指定すれば対応するパターンはC2となる。

【0024】なお、認識パターンとして輪郭線のデータのみを抽出した場合には上記位置Pを指定することにより対応するパターンとしてC2のみが参照される。

【0025】・認識対象物体の種類が複数ある場合。

【0026】以上は認識対象物体が同一種類(図12の101で示される形状)の場合であるが、認識対象物体が多品種である場合の対応について以下説明する。

【0027】図4は三角形状、長円形状等複数種類の対象を想定したものであり、三角形状の物体には他の形状のものと識別する符号G1が付与されるとともに、長円形状の物体には同様な識別符号G2が付与される。他の形状の物体についても同様にして識別符号が順次付与される。この場合、G1の物体について各姿勢ごとの認識パターンG11、G12、G13…が取得されるとともに、G2の物体について各姿勢ごとの認識パターンG21、G22、G23…が取得され、これらが上記テーブルaの種類[N]の内容とされる。

【0028】そこで、いま各認識パターンを重ね合わせたパターン画像11上の位置Qが指定されると、対応する認識パターンG13が参照され、これより対応する認識対象物体の種類G1(三角形状)が特定されることになる。

【0029】・各種認識パターンの重ね合わせの基準位置

各種認識パターンを重ね合わせる場合、後述する計測画像とのマッチングが効率よく行われるような態様で重ね合わせておく必要がある。

【0030】すなわち、図2に示すように回転中心位置Rを同一位置として重ね合わせてもよく、図5(a)に示すようにパターン画像の中から対象物体の特徴点、つまりたとえば階調レベルが最大あるいは最小となる点Aを抽出し、この点Aを同一位置として各種認識パターンH1、H2、H3…を重ね合わせるようにしてもよい。また、同図(b)に示すようにパターン画像の中から輪郭線上の所定位置Bを抽出し、この点Bが同一となるよう各種認識パターンH4、H5、H6…を重ね合わせるようにしてもよい。そして上記同一点R、A、Bは、マッチングの便宜のためパターン画像10、12、13の中心にしておくことができる。

【0031】c) 計測画像と各種認識パターンとのマッチング

つぎに上記マッチングテーブル用メモリ7に記憶された各種認識パターンと画像メモリ4に記憶された計測画像とを突き合わせて、比較するマッチング処理が演算部5で実行される。

【0032】すなわち、対象物体が図12に示す101であるならば、図2に示すように計測画像100中の物体101の回転中心とパターン画像10の中心Rとが一致するよう突き合わせて、両者が重なった部分の計測画像100上の位置X、Yで階調レベルZが観測されたならば、これと同じ位置X、Yで同じ階調レベルZとなる識別番号Nがテーブルaの内容から読みだされる。そして両者が重なった部分の各位置X、Yごとに階調レベルZが一致する識別番号Nが順次読みだされ、図3に示すように一致したパターンの数がパターンの種類C1、C2、C3…ごとに順次カウントされる。たとえば、計測画像100とパターン画像10が重なった範囲内の位置

$P(X, Y)$ で階調レベルが Z となっており、テーブル a の同一位置 X, Y で同レベル Z となるようなパターンが N の内容から C_2, C_3 であった場合には C_2, C_3 についてそれぞれ ‘1’ がカウントされる。

【0033】こうしてパターン画像 10 内の各位置について順次カウントしていく、特定のパターンについてのカウント数がしきい値に達したならばカウントをやめ、そのしきい値に達したパターンの種類 (C_2) で示される姿勢を対象物体の姿勢であると認識する。ここで画像 100 中の対象物体の位置はパターン画像との突き合わせ位置として認識されていることから、これら位置および姿勢の認識結果は表示装置 8 に出力され、CRT 画面等に表示される。なお、上記しきい値とは、画像 100 内の対象物体 101 とパターン画像 10 内の認識パターン C_2 とが一致したならばカウントされるであろうカウント数、あるいはそれを超えない近い数であり、予め設定されている。

【0034】また、マッチングが正確に行われる場合に得られるであろう各認識パターンごとのカウント数を合計したもの n_0 を予め求めておき、これに対する実際のカウント数の合計値 n との比、

$$n/n_0$$

に基づき対象物体の品質評価を行うこともできる。

【0035】さて、図 10 は図 1 のマッチング部 6 の具体的構成を示したものであり、マッチングを高速に行うためのハード構成である。

【0036】同図に示すメモリ 20…には上記テーブル a の内容が記憶されている。そしてテーブル a のパターン数 N の内容 $C_1, C_2, C_3 \dots$ が 1 ビットごとにメモリ 21…のデータ線 24…に割り当てられている。他の 3 次元 [X]、[Y]、[Z] のデータは、メモリ 20…のアドレスを指定するためにアドレス線 23…に割り当てられている。メモリ 20…のデータ線 24…には、それぞれ各ビットごとにカウンタ 25…が接続されている。カウンタ 25…はデータセレクタ 29 に接続され、選択されたカウンタのカウント値を出力する。

【0037】いま、計測画像 100 の位置 (X, Y) で階調レベルが Z であったとすると、かかる内容のデータがアドレス線 23…を介してメモリ 20…に加えられる。するとメモリ 20…ではその指定されたアドレスがアクセスされ、テーブル a の対応する N が読みだされ、 X, Y, Z となる端子 $C_1, C_2, C_3 \dots$ を論理 ‘1’ レベルとする。すると、対応するデータ線 24…を介して論理 ‘1’ レベルの信号がカウンタ 25…に出力される。ここでメモリ 20…に対するアクセスを 1 回行うだけで、対応する $[N]$ の内容がすべて一度に読みだされるため非常に高速に処理が行われていることがわかる。

【0038】しかし、論理 ‘1’ となったデータ線 24…に対応するカウンタ 25…ではそれぞれ並列に ‘1’ がカウントされる。以下順次同様にしてアクセスが

10

20

30

40

50

行なわれ、各カウンタ 25…のカウント値がデータセレクタ 29 の選択に応じて出力され、認識パターンごとのカウント値がわかる。ここで図 11 に示すように、カウンタ 25…のカウント値をトーナメント式に比較する構成を採用することもでき、最大のカウント値 n_{max} を容易に求めることができる。

【0039】なお、メモリ 20…が複数となっているのは、通常使用されるメモリ IC のデータビット数は 8 ビット程度であるため、アドレス線 23…に並列して接続してビット数を増やすためである。また、同様の理由で、アドレス線 23…に関しても制限があるので、複数の IC とアドレスに関する IC のセレクタを使って、アドレスを実質的に増やしてもよい。

【0040】ところで、マッチングは、画像 100 とパターン画像 10 とが重なった部分のすべての画素について行ってもよく、また計測画像 100 について対象物体 101 の特徴点、たとえば輪郭線のみを抽出しておき、この輪郭線に対応する画素についてのみマッチングを行う実施も可能であり、これにより処理のスピードアップが図られる。なお、認識パターン作成の際、パターンの輪郭線のみを抽出してある場合には、輪郭線以外の部分はカウントされないのでより一層スピードアップが図られる。

【0041】さらに計測画像 100 の特徴点の中で特徴の強い順に順序付けを行い、この順番でマッチングを行うようにしてもよく、この場合も処理の高速化に寄与する。ところで、パターン画像 10 を撮像したとき計測画像 100 を撮像したときとでは撮像条件に違いがあり、これに起因してマッチングの精度が幾分劣化する場合がある。しかし、計測画像 100 から特徴点を抽出して特徴点に関してマッチングすれば、特徴点は撮像条件が違ったとしてもほとんど変化しないという性質があるので、撮像条件の違いによるマッチングの精度の劣化が防止され、認識がより正確に行われることになる。

【0042】また、認識対象物体が多品種である場合（図 4）についても同様にマッチングを行うことができる。

【0043】すなわち、図 4 の計測画像 100 とパターン画像 11 とが重なりあった部分の画像 100 上の各点 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3) \dots$ でそれぞれ階調レベルが $Z_1, Z_2, Z_3 \dots$ となっていたならば、同位置で同階調となるテーブル a の $[N]$ の内容が以下のとく参照される。

【0044】

$$(X_1, Y_1, Z_1) \rightarrow G_1, G_2, G_4, G_7 \dots$$

$$(X_2, Y_2, Z_2) \rightarrow G_2, G_3, G_9, G_{12} \dots$$

$$(X_3, Y_3, Z_3) \rightarrow G_1, G_2, G_6, G_8 \dots$$

… …

そして、参照されたパターンの数が種類 $G_1, G_2, G_3 \dots$ ごとにカウントされる。そして、しきい値に達した

パターン、たとえばG 2を対象物体の形状（長円）であると認識する。

【0045】d) 対象物体の位置認識

ところで、上記するように対象物体の姿勢を特定する場合には、前提として計測画像100内の対象物体とパターン画像内の認識パターンとが同一位置となるように重ね合わされている必要がある。また、このように両者が一致するようにすることでその重ね合わせ位置が画像100中の対象物体の位置として認識されることになる。そこで、両者を正確に重ねることができる方法について例を挙げて説明する。

【0046】・計測画像上を移動させる方法。

【0047】これは、画像100内の対象物体とパターン画像内の認識パターンとが一致したならばカウントされるであろうカウント数が上記しきい値として予めわかっていることに着目した方法である。すなわち、図2に示すように計測画像100内でパターン画像10をX、Yの各方向に1画素ごとにずらして移動させ、各移動位置ごとに上記マッチングを行い、特定の認識パターンが上記しきい値に達したが否かを判断する。そして、ある移動位置で特定の認識パターン（C 2）について上記しきい値に達したならば、このときの移動位置を画像100中の認識対象物体の位置として認識する。同時にしきい値に達した認識パターンC 2を認識対象物体の姿勢であると認識する。

【0048】・特徴点同士を重ね合わせる方法。

【0049】さて、前述するように対象物体の特徴点、つまり最大、最小レベル、輪郭線上となる点A、Bが中心となるようパターン画像12、13が作成された場合には、これら特徴点A、Bを計測画像100の中から抽出してそれぞれの特徴点同士が同一位置となるようにして両者を重ね合わせることができる。

【0050】・位置認識用のテーブルによる方法。

【0051】この方法は、図6に示すように、その基準点Dが計測画像15上の認識対象物体16の輪郭線16aに沿って移動したとき当該認識対象物体16の中心Fを包含する位置認識用のパターンE 1、E 2、E 3…と各種用意して、これら各種パターンE 1、E 2、E 3…の基準点Dを画像15上の輪郭線16aに沿って移動させたときにすべてのパターンE 1、E 2、E 3…が各移動位置において包含した点を認識対象物体16の中心位置Fであると認識するという方法である。

【0052】この場合もテーブルa作成の手法と同様にして、各種パターンE 1、E 2、E 3…を重ね合わせることにより2次元のテーブルbが作成される。

【0053】すなわち、各種パターンE 1、E 2、E 3…がそれらの中心Dがパターン画像14の中心となるよう重ね合わされ、これら重ね合わされた各種パターン内部の各位置X、Yを論理‘1’とし、外部を論理‘0’とするテーブルbが、

TABLE-B [X] [Y]

のごとく作成される。

【0054】一方、計測画像15の中から対象物体16の輪郭線16aを示す部分が抽出され、この輪郭線16a上にパターン画像14の中心Dが一致され、輪郭線16aに沿ってパターン画像14を移動させる。各移動位置ごとにテーブルbの論理‘1’に対応する計測画像15の各位置（画素）を抽出し、各位置ごとに抽出された回数をカウントする。図ではパターンE 2により対象物体16の中心Fが抽出されている様子を示したものであり、他のパターンによっても中心Fは抽出される。しかし、輪郭線16aに沿って移動を終了したときにカウント数が最大となった画像15上の位置、つまり点Fを対象物体16の中心であると認識することができ、この点Fを基準として計測画像15と姿勢認識用のパターン画像との突き合わせを行うことができる。

【0055】e) マッチングにおける参照順序。

【0056】さて、c) のマッチング処理の際、特徴点が抽出された場合に特徴点の強い順から参照していくことで処理の高速化が図られることについて説明したが、以下のようない方法によっても処理の高速化が図られる。

【0057】いま、図7(a)に示すように対象物体がL 1、L 2、L 3のいずれのパターンであるかを認識する場合を想定する。

【0058】すると、同図(a)からも明かなように斜線17で示される部分は各パターン共通であり、斜線部分を囲む各パターンの輪郭線は対象物体を特定するのに何等寄与しない。むしろ、他のパターンと共通しない輪郭線部分a、あるいは他の一のパターンとのみ共通する輪郭線部分bが対象物体を特定するのに寄与することになる。この方法はかかる点に着目したものであり、同図(b)に示すように各種認識パターンL 1、L 2、L 3を重ね合わせた部分Lの各位置a、b、c、dを、各認識パターンL 1、L 2、L 3ごとにそのエッジ（輪郭線）部分、背景（パターン外部）部分に分類して、これら各部分のパターン数の分散値を各位置a～dごとに求め、得られた分散値の小さな位置から順にカウントしてマッチングを行うものである。

【0059】すなわち、

40 参照位置a：エッジに対応するパターン数=1、背景に対応するパターン数=2 分散値=5

参照位置b：エッジに対応するパターン数=2、背景に対応するパターン数=1、分散値=5

参照位置c：エッジに対応するパターン数=3、背景に対応するパターン数=0、分散値=9

参照位置d：エッジに対応するパターン数=0、背景に対応するパターン数=3、分散値=9

となり、図8に示すごとくグラフに表すことができる。

よって、分散値の最小となる位置から順に、つまり

(a、b)、(c、d)の順序でマッチングを行えば、

より早く対象物体を特定することができることとなり、カウントの早期打ち切りによる処理の高速化が達成される。

【0060】また、かかる方法は認識パターンとして輪郭線のみを抽出した場合に適用することもできるが、単なる濃淡画像で示されるパターン画像を使用してマッチングを行う場合にも同様に適用することができる。この場合もあらゆる階調にわたってパターンが分散する位置、つまり対象物体の特定に寄与する位置から順にマッチングが行われ、すべてのパターンについて同一階調となるような位置（背景等）、つまり対象の特定に寄与しない、分散値が大きい位置は後回しとなる。

【0061】2. 3次元空間で姿勢変化する対象を認識する実施例。

【0062】つぎに3次元的に姿勢変化する対象を認識する場合に適用される実施例について説明する。

【0063】この場合、認識対象物体の各点までの距離を計測することができるレンジファインダが図1に示すTVカメラ2の替わりに用いられる。

【0064】対象物体がレンジファインダで撮像されると、画像メモリ4には1画素がたとえば8ビット、256階調の距離データとして表現されて記憶される。対象物体の3次元モデルを作成するために、対象物体の距離画像が対象の周囲から位置を変えて何回か撮像される。こうして得られた各距離画像から対象物体の3次元モデルが作成される。あるいはレンジファインダを固定して対象物体側を回転させ撮像することによっても同様にして3次元モデルを作成することができる。そして、作成された3次元モデルを演算部5でたとえば1度ごとに回転させ、一定の視点から観測した各回転ごとの認識パターンを生成する。

【0065】これとは別に認識対象物体のCADモデルを作成してこれを回転させることにより一定の視点から観測した各回転ごとの認識パターンを生成してもよい。

【0066】つぎに認識パターンの中でたとえば階調レベルが最大、つまり距離が最も最小となる特徴点を抽出しておき、これをパターン画像の中心になるように認識パターンを平行移動しておく。

【0067】ところで3次元空間中の物体の位置・姿勢認識に前述した2次元の場合の手法をそのまま用いたとすると認識パターンの種類は非常に多くなる。たとえば、物体19の3次元空間内の自由度を図5の(a)、(b)、(c)のごとくとると、各回転軸I、J、Kごとの回転角度はそれぞれ360、360、181であるから $60 \times 360 \times 181$ 通りの認識パターンを生成して、テーブルに登録する必要がある。このため、テーブルのサイズが非常に大きくなってしまい、メモリ容量が不足することがある。そこで、回転軸I、J、Kごとに認識パターンをグループ化をしてテーブルのサイズを小さくして効率のよいマッチングをすることができる方法

を以下説明する。

【0068】・回転軸Jのテーブル。

【0069】まず、回転軸Jの回転角度jが等しい認識パターンを1グループとして、回転角度jごと、つまり各グループごとに識別番号Nが回転角度j = 0° ~ 359°の順に付与される。また、各認識パターンを示すパターン画像に基づき各画素を示す位置X（横）、Y（縦）における濃淡階調レベルZが調べられる。この結果、各画素X、Y、濃淡階調レベルZ、グループの識別番号Nを4次元配列とするマッチングテーブル、

TABLE-J [X] [Y] [Z] [N]
が上記テーブルaと同様にして作成され、これがマッチングテーブル用メモリ7に記憶される。

【0070】なお、[X]のサイズは64（画素）であり、[Y]のサイズも64（画素）となっている。また[Z]のサイズは8ビット、256（階調）であり、[N]のサイズはグループ数である360（度）となっている。各認識パターンにはその属するグループの識別番号Nが割り当てられる。

【0071】・回転軸Iのテーブル。

【0072】つぎに回転軸Iの回転角度iが等しく回転軸Jの角度がj = 0°の認識パターンを1グループとして、回転角度iごと、つまり各グループごとに識別番号Nが回転角度i = 0° ~ 359°の順に付与される。また、各認識パターンを示す画像に基づき各画素を示す位置X（横）、Y（縦）における濃淡階調レベルZが調べられる。この結果、各画素X、Y、濃淡階調レベルZ、グループの識別番号Nを4次元配列とするマッチングテーブル、

TABLE-I [X] [Y] [Z] [N]
が上記テーブルaと同様にして作成され、これがマッチングテーブル用メモリ7に記憶される。

【0073】なお、[X]のサイズは64（画素）であり、[Y]のサイズも64（画素）となっている。また[Z]のサイズは8ビット、256（階調）であり、[N]のサイズはグループ数である360（度）となっている。各認識パターンにはその属するグループの識別番号Nが割り当てられる。

【0074】・回転軸Kのテーブル。

【0075】つぎに回転軸Kの回転角度kが等しく回転軸Jの角度がj = 0°の認識パターンを1グループとして、回転角度kごと、つまり各グループごとに識別番号Nが回転角度k = 0° ~ 180°の順に付与される。また、各認識パターンを示す画像に基づき各画素を示す位置X（横）、Y（縦）における濃淡階調レベルZが調べられる。この結果、各画素X、Y、濃淡階調レベルZ、グループの識別番号Nを4次元配列とするマッチングテーブル、

TABLE-K [X] [Y] [Z] [N]

が上記テーブルaと同様にして作成され、これがマッチ

13

ングテーブル用メモリ7に記憶される。

【0076】なお、[X]のサイズは64(画素)であり、[Y]のサイズも64(画素)となっている。また[Z]のサイズは8ビット、256(階調)であり、[N]のサイズはグループ数である181(度)となっている。各認識パターンにはその属するグループの識別番号Nが割り当てられる。

【0077】このようにしてマッチングテーブルが作成されたならば、つぎにレンジファインダにより距離画像(たとえば 512×512 画素)が撮像され、演算部5で距離画像中で局所的に階調レベルが最大となる位置が抽出される。そしてこの位置とパターン画像の中心位置(階調レベル最大値)とが一致するよう突き合わせが行われる。

【0078】つぎに両者が重なり合った部分の各位置(X、Y)ごとに回軸Jに関するマッチングテーブルTABLE-Jの対応する位置が参照される。しかして識別番号Nごとにカウントされ、所定のしきい値に達した識別番号Nで示される角度jを回軸Jの回転角度であると認識する。

【0079】つぎに計測画像中の対象物体を上記階調レベル最大となる位置を回軸中心として、得られた角度j分逆に回転させる。すると、計測画像中では対象物体の回軸Jに関する角度は0°となる。このため今度は、このj=0°の計測画像に対して回軸IおよびKに関するテーブルTABLE-I、Kを適用することができる。しかして同様に回転角度i、kが求められる。この結果、3次元的な回転角度i、j、kが求められ、3次元空間で姿勢変化する対象の姿勢が認識される。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、2次元あるいは3次元空間で回転等して姿勢変化する物体の位置および姿勢を、極座標変換等の複雑な演算処理することなく、高速で認識することができるようになり、これによって作業効率が飛躍的に向上する。

【図面の簡単な説明】

10

14

* 【図1】図1は本発明に係る物体の位置・姿勢認識装置の実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】図2は実施例のマッチングを処理を概念的に説明する説明図である。

【図3】図3はマッチング処理を説明するグラフで、各種認識パターンと対応するカウント数との関係を例示したグラフである。

【図4】図4は対象物体が多品種の場合のマッチングテーブルの内容を概念的に示す図である。

【図5】図5は認識パターンの中から特定の点を抽出してその点が同一となるよう各種パターンを重ね合わせてマッチングテーブルを構成する様子を説明する図である。

【図6】図6は位置認識用のパターンによって計測画像内の対象物体の位置を認識する様子を説明する図である。

【図7】図7は、各種認識パターンの各位置のうち対象物体を特定する位置を説明する図である。

【図8】図8は図7の特定する位置とそれに対応するパターンの数とそれに対応する階調レベルとの関係を示すグラフである。

【図9】図9は3次元的に姿勢変化する物体の3自由度で示す図である。

【図10】図10は図1に示すマッチング部の構成を例示した図である。

【図11】図11は図10のカウンタの後段の回路を概念的に示す図である。

【図12】図12は従来のテンプレートマッチングを説明する図である。

30 【符号の説明】

2 TVカメラ

4 画像メモリ

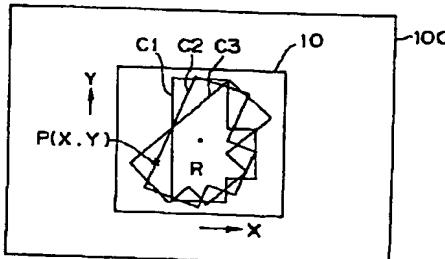
5 演算部

6 マッチング部

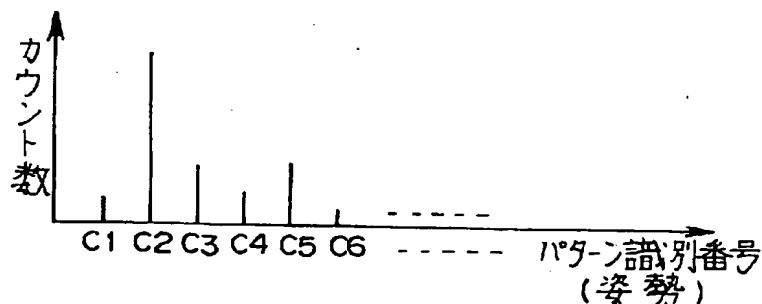
7 マッチングテーブル用メモリ

*

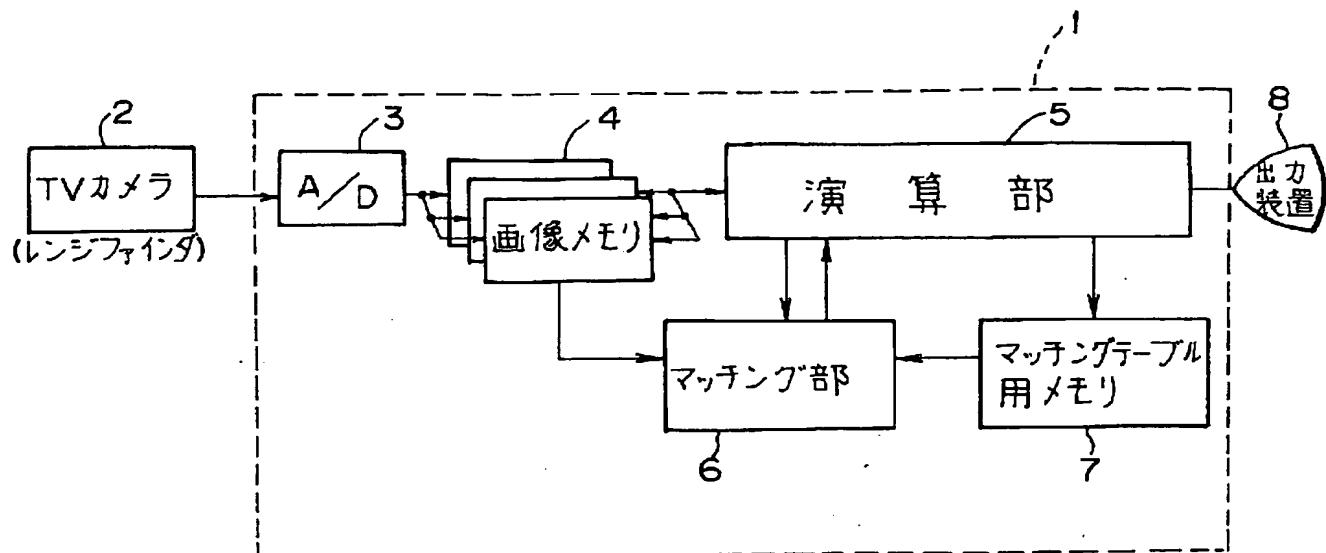
【図2】



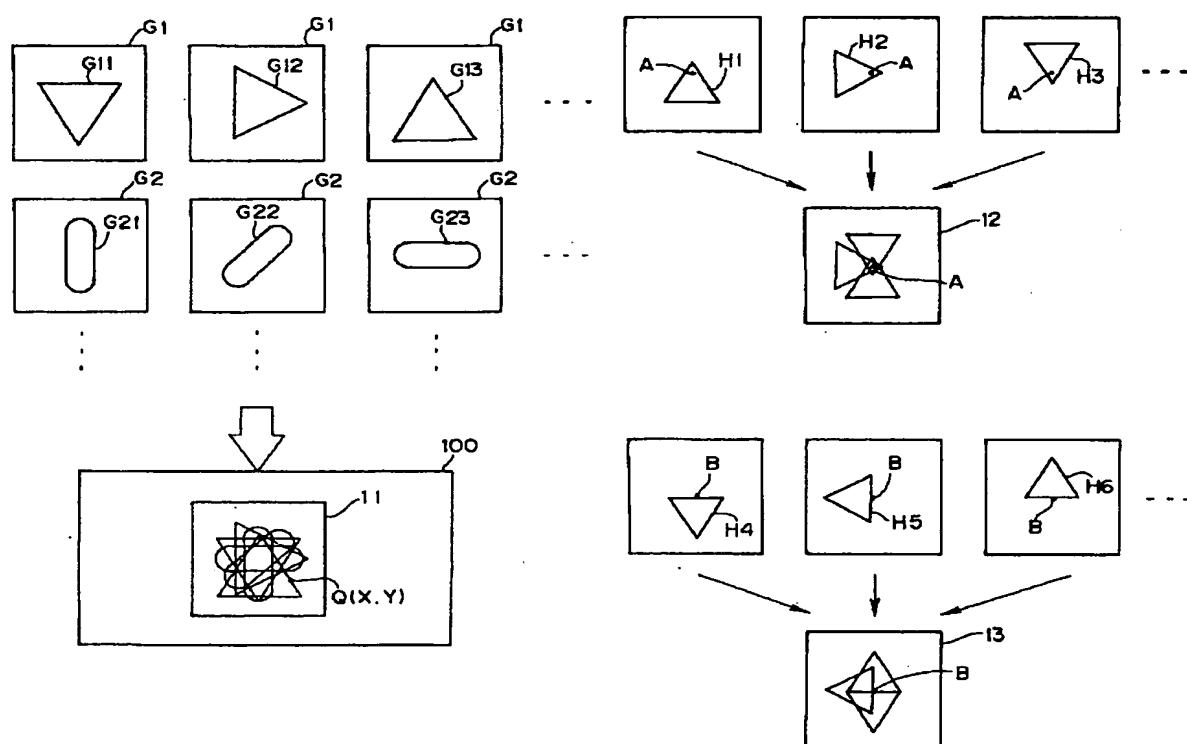
【図3】



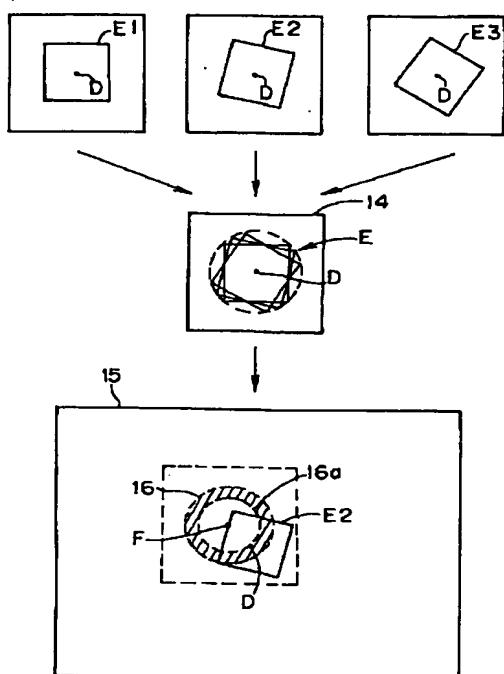
【図1】



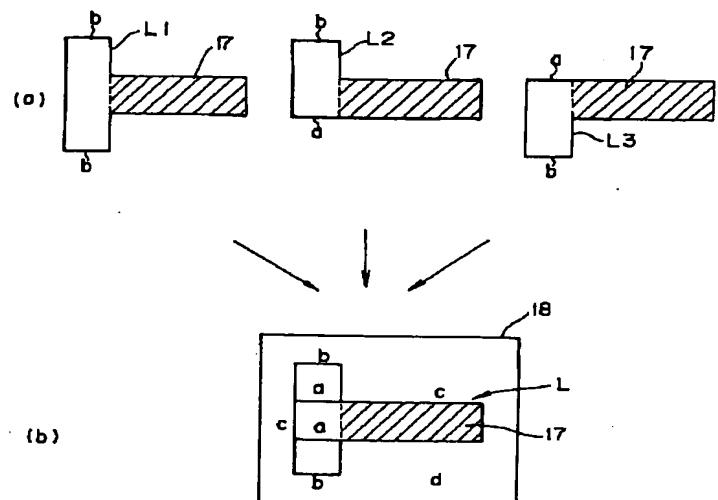
【図4】



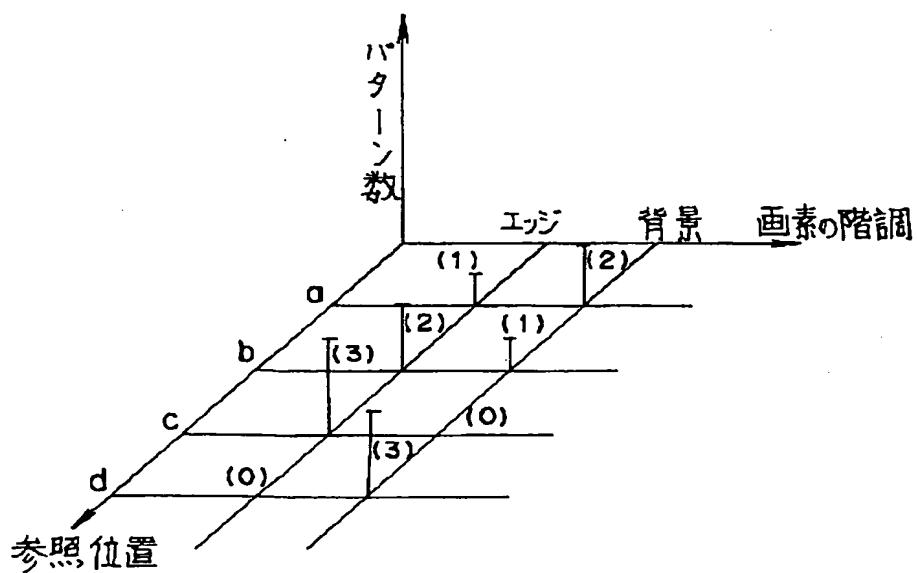
【図6】



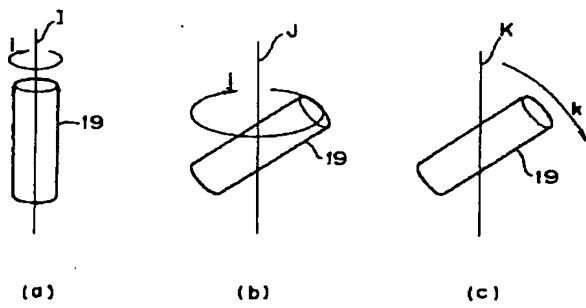
【図7】



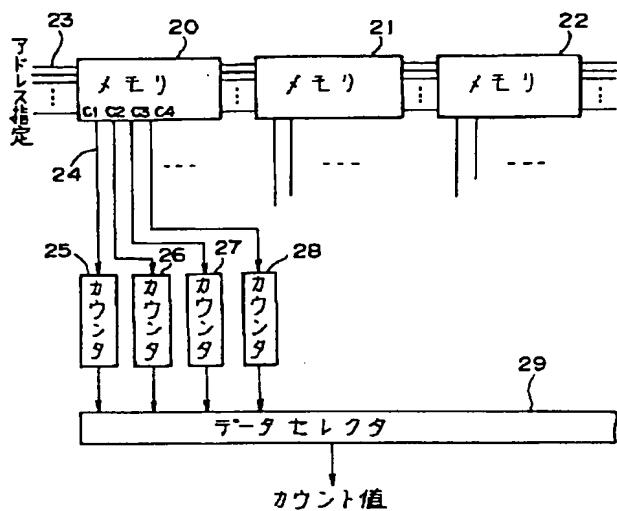
【図8】



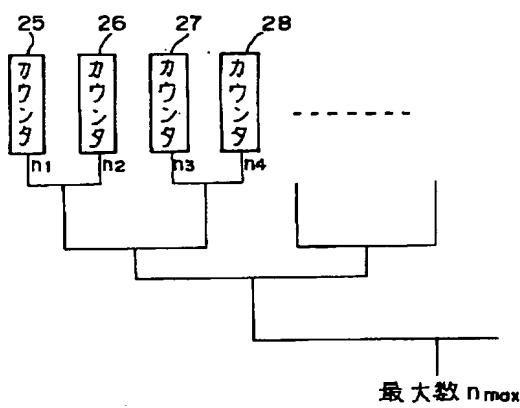
【図9】



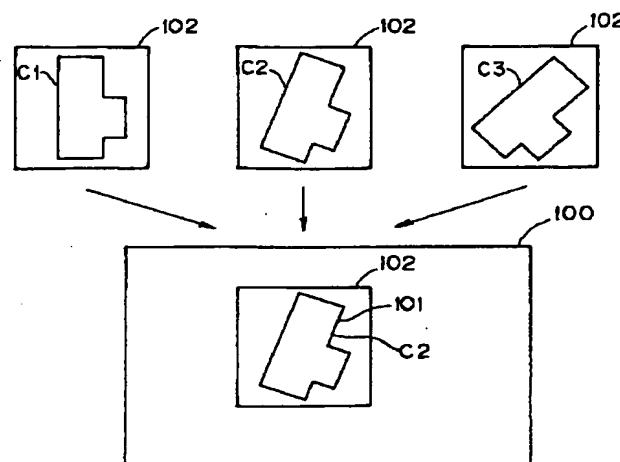
【図10】



【図11】



【図12】



THIS PAGE BLANK (USPTO)